

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 57 180 A 1

21 Aktenzeichen: 100 57 180.8  
22 Anmeldetag: 17. 11. 2000  
23 Offenlegungstag: 9. 8. 2001

5 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 23 K 35/363  
B 23 K 35/28  
B 23 K 1/008

56 Innere Priorität:  
100 03 874. 3 28. 01. 2000  
71 Anmelder:  
GEA Energietechnik GmbH, 44809 Bochum, DE  
74 Vertreter:  
Bockermann & Ksoll, Patentanwälte, 44791  
Bochum

72 Erfinder:  
Korischem, Benedict, Dr.-Ing., 40489 Düsseldorf,  
DE; Dinulescu, Horia, Dr., Minnestonka, Minn., US;  
Volkmer, Eckhard, 40880 Ratingen, DE; Witte,  
Raimund, Dr.-Ing., 44319 Dortmund, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

53 Verfahren zur Verbindung von Stahlrohren mit Aluminiumrippen

57 Bei dem Verfahren zur Verbindung von Stahlrohren mit Aluminiumrippen wird zunächst auf die Oberfläche der Stahlrohre oder der Aluminiumrippen eine Schicht aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit einem Aluminiumbestandteil von 0,5% bis 20% aufgebracht und dann vor dem oder beim mechanischen Kontakt der Aluminiumrippen mit den Stahlrohren zwischen die Stahlrohre und die Aluminiumrippen bei Raumtemperatur ein Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid eingebracht. Danach werden die mit den Aluminiumrippen versehenen Stahlrohre in einem Ofen auf eine Verlötungstemperatur zwischen 370°C und 470°C erwärmt und letztlich zur Abkühlung der Raumtemperatur ausgesetzt. Alternativ hierzu kann zunächst auf die Oberfläche der Stahlrohre oder der Aluminiumrippen eine Schicht aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit einem Aluminiumbestandteil von 0,5% bis 20% aufgebracht und dann bei Raumtemperatur ein Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid mindestens in den Berührungszonen auf die Aluminiumrippen gebracht werden. Danach werden die Aluminiumrippen mit den auf eine Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C erwärmten Stahlrohren in mechanischen Kontakt gebracht und letztlich zur Abkühlung der Raumtemperatur ausgesetzt.

DE 100 57 180 A 1

Es zählt zum Stand der Technik, Rippenrohre für luftgekühlte Anlagen oder luftgekühlte Kondensatoren aus Stahlrohren und Stahlrippen herzustellen. Die Befestigung der Stahlrippen auf den Stahlrohren erfolgt auf dem Wege des Tauchverzinkens. Obwohl derartige Rippenrohre sehr korrosionsbeständig sind, haftet ihnen der Nachteil an, dass die Rippen aus relativ schlecht wärmeleitendem Stahl bestehen.

Ferner ist es bekannt, auf runde Stahlrohre durchgehende Aluminiumrippen schraubenlinienförmig aufzuwickeln. Die Aluminiumrippen können hierbei mit schmalen fußseitigen Schenkeln unter Spannung flächig auf die Oberflächen der Stahlrohre gewickelt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Oberflächen der Stahlrohre zu nuten und in die Nuten die Aluminiumrippen einzusetzen. Nachteilig am Wickeln von Aluminiumrippen auf Stahlrohre sind die unterschiedlichen Temperatureausdehnungskoeffizienten von Stahl und Aluminium. Im praktischen Betrieb führt dies dazu, dass Stahlrohre mit Aluminiumrippen nur bis zu relativ niedrigen Temperaturen um etwa 130°C eingesetzt werden können. Bei höheren Temperaturen geht der Kontakt zwischen den Aluminiumrippen und den Stahlrohren wegen der größeren Wärmedehnung des Aluminiums verloren. Die Leistungsfähigkeit der Rippenrohre fällt ab.

Ein weiteres bekanntes Verfahren zur Herstellung von Rippenrohren besteht darin, mit Aluminium plattierte Flachrohre mit Hilfe von Aluminium-Silizium-Lot mit Wellen- oder mäanderförmig bzw. winklig gefalteten Aluminiumrippenbahnen in einem Temperierofen zu verbinden. Die Verbindung von Aluminiumrippen mit Flachrohren durch Verlötung mit Aluminium-Silizium-Lot, welches Bestandteil der Aluminiumrippen oder der Flachrohre ist, hat den Nachteil, dass eine solche Verlötung nur über den Umweg von mit Aluminium plattierten Flachrohren bzw. von plattierten Aluminiumrippen hergestellt werden kann. Neben dem vergleichsweise hohen Aufwand durch die Bereitstellung der diversen Vormaterialien und bei der Herstellung ist außerdem der Nachteil gegeben, dass die durch mindestens eine Längsschweißnaht umfangsseitig geschlossenen Flachrohre in der Schweißzone nicht mit Aluminium plattiert sein dürfen. Ansonsten kann keine einwandfreie Schweißung gewährleistet werden. Diese Bereiche der Flachrohre müssen nachträglich erst von Schweißnebenprodukten befreit und danach korrosionstechnisch geschützt werden.

Ein weiterer Nachteil von aus Flachrohren mit gefalteten Aluminiumbändern bestehenden Rippenrohren besteht darin, dass die Verlötung der mit Aluminium plattierten Flachrohre mit Aluminiumrippen bei vergleichsweise hohen Temperaturen in einer Größenordnung von etwa 600°C, also nahe der Erweichungstemperatur von Aluminium, stattfinden muss. Das hierbei erforderliche Lot besteht aus etwas unter dem Erweichungspunkt von Aluminium schmelzendem Aluminiumsiliziumeutektikum.

Auch bezüglich dieser Bauart ist festzustellen, dass aufgrund der unterschiedlichen Temperatureausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Stahl sich nach dem Löten bei etwa 600°C beim Abkühlen auf die Umgebungstemperatur (Raumtemperatur) die beiden verlöteten Materialien stark gegeneinander verziehen können und es dabei leicht zu einem Aufbrechen der Verlötungen kommen kann, wenn das Aluminium nicht einwandfrei aufgebracht wurde.

Der Erfindung liegt - ausgehend vom Stand der Technik - die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verbindung von Stahlrohren mit Aluminiumrippen als Bestandteile von luftgekühlten Anlagen und luftgekühlten Kondensatoren bereitzustellen, das sowohl mit geringen Lohn- und Energiekosten als auch mit Kosteneinsparungen im Materialeinsatz durch-

geführt werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe wird nach der Erfindung in den Merkmalen des Patentanspruchs 1, alternativ in den Merkmalen des Patentanspruchs 2 gesehen.

Ein Aspekt der Erfindung besteht darin, ein Lötmedium aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit einem Aluminium-Bestandteil von 0,5-20%, bevorzugt 5%-15%, einzusetzen, das sowohl auf die Oberflächen der Stahlrohre als auch der Aluminiumrippen gebracht werden kann. Das Aufbringen der Lötmittelschicht kann mit Hilfe des Flammsspritzverfahrens erfolgen. Hierbei ist es möglich, Acetylen oder auch Erdgas zu verwenden. Dazu wird ein Draht mit der Zusammensetzung des Lötmittels aufgeschmolzen und aufgrund des Drucks, unter dem das Gas steht, gleichmäßig auf die jeweilige Oberfläche verteilt.

Eine zweite Vorgehensweise besteht im Einsatz des Lichtbogenverfahrens. In diesem Fall werden mittels zwei Drähten mit der Zusammensetzung des Lötmittels ein Lichtbogen gezogen und dabei die Drähte geschmolzen. Gleichzeitig wird mit Luft oder mit einem inerten Gas angeblasen, so dass hierdurch das geschmolzene Lötmedium gleichmäßig auf die Oberflächen der Stahlrohre oder der Aluminiumrippen verteilt wird.

Auch eine Galvanisierung mit dem Lötmedium in der erwähnten Zusammensetzung ist denkbar.

Schließlich ist es noch vorstellbar, dass eine Schicht aus dem erfindungsgemäß zusammengesetzten Lötmedium durch Druck, Plattieren oder Sintern auf die jeweiligen Oberflächen aufgebracht werden kann.

Ganz wesentlich am erfindungsgemäßen Verfahren ist jedoch die Erkenntnis, dass durch die Verwendung eines Flussmittels in Form von Cäsium-, Aluminium-Tetrafluorid es jetzt möglich ist, die Löttemperatur von bislang etwa 600°C auf einen Bereich zwischen 370°C und 470°C zu reduzieren. Diese Absenkung der Löttemperatur ist nicht nur mit einer Senkung der Lötzeiten um etwa 30% bis 40% verbunden, sondern führt auch zu einer erheblichen Einsparung bei den Lohn- und Energiekosten. Eine weitere Einsparung ist möglich, wenn nur die Berührungszonen der Aluminiumrippen mit den Stahlrohren mit dem Flussmittel benetzt werden. Dieses kann durch Tauchen oder Aufsprühen erfolgen.

Des Weiteren ist im Rahmen der Erfindung zu berücksichtigen, dass bei der herkömmlichen Lötung die Aluminiumrippen weich geglüht werden. Hierdurch verlieren sie zwangsläufig einen Teil ihrer Festigkeitseigenschaften. Bei Flachrohren mit zwischen die Flachrohre integrierten Aluminiumrippenbahnen wurde dies bislang noch toleriert, da die Aluminiumrippenbahnen nach der Lötung zwischen den Flachseiten der Flachrohre eingebunden sind. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist jedoch bei beiden Varianten durch die deutliche Absenkung der Löttemperatur gewährleistet, dass kein Weichglühen mehr stattfindet. Die Aluminiumrippen gleich in welcher Zuordnung auch immer behalten somit ihre vollen Festigkeitseigenschaften bei.

Im Falle z. B. der Herstellung elliptischer Rippenrohre durch Aufschieben gestanzter Aluminiumrippen auf die Stahlrohre und Aufbringen des Flussmittels überall dort, wo die Aluminiumrippen ihre endgültige Lage haben, können jetzt die gut Wärme leitenden Aluminiumrippen dauerhaft und korrosionsgeschützt bis zu Einsatztemperaturen von über 350°C auf den Stahlrohren lagefixiert werden.

Beim Aufbringen von Aluminiumrippen durch schraubenlinienförmiges Aufwickeln auf Stahlrohre wird das Flussmittel zweckmäßig an der Auflaufstelle des Rippenbands direkt vor der Anlage des Rippenbands an der Oberfläche des Stahlrohrs aufgebracht. Dies ermöglicht es, die mit aufgewickelten Aluminiumrippen versehenen Stahlrohre in einem Durchlaufofen oder aber auch erst später in

einem Glühofen phasenweise auf eine erforderliche Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C zu bringen.

Es ist aber auch denkbar, Aluminiumrippenbänder nach dem Beschichten mit dem Lötmedium auf auf eine Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C erwärmte Stahlrohre aufzuwickeln und die latente Rohrwärme für die Verlotung zu nutzen. Man erreicht bei diesem Rippenrohrtyp, dass die Stahlrohre durch das dann verlaufende Lötmedium auch korrosionsschutz sind. Ferner wird eine feste metallische wärmeleitende Verbindung zwischen den Aluminiumrippen und den Stahlrohren hergestellt. Derart gefertigte Rippenrohre sind für Einsatztemperaturen von etwa 350°C geeignet.

Bei Aufbringung von Wellen- oder mäanderförmig bzw. winklig (dreieckig oder rechteckförmig) gefalteten Aluminiumrippen auf stählerne Flachrohre werden diese oder auch die Aluminiumrippen nach dem Aufbringen des Lötmediums mit dem speziellen Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid auf dem gesamten Oberflächenbereich versehen und danach abwechselnd ein Aluminiumrippenband, ein Flachrohr, wiederum ein Aluminiumrippenband usw. übereinander geschichtet. Der so gebildete Rippenrohrstapel (Cake) wird dann in einen Lötoven (Durchlaufofen oder Glühofen) eingesetzt und dort auf die geforderte Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C gebracht. Das Lötmedium verflüssigt sich, wodurch die Aluminiumrippenbänder mit den Stahlrohren metallisch und wärmeleitend verbunden werden. Außerdem erhält das gesamte Flachrohr auf der äußeren Oberfläche einen Korrosionsschutz.

Alternativ ist es aber auch möglich, Flachrohre durch einen Glühofen zu bewegen und dabei auf die erforderliche Verlotungstemperatur zu bringen. Anschließend werden die Flachrohre unter Verwendung des Lötmediums und Einsatz des Flussmittels mit den Aluminiumrippenbändern verbunden.

Unabhängig, wie das jeweilige Fertigungsverfahren abläuft, wird anschließend die jeweils zusammengefügte Anordnung aus Stahlrohren und Aluminiumrippen der Umgebungstemperatur (Raumtemperatur) ausgesetzt und dadurch gekühlt, so dass die Aluminiumrippen mit den Stahlrohren einwandfrei wärmeleitend verbunden werden.

Das spezielle Lötmedium aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit einem Aluminiumbestandteil von 0,5% bis 20%, bevorzugt 5% bis 15%, in Verbindung mit dem ebenfalls speziellen Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid erlaubt es bei der jeweils vorteilhaften Temperatur zwischen 370°C und 470°C, die Lötmittelschicht so aufzuschmelzen, dass auf keinen Fall die Aluminiumrippen mit aufgeschmolzen werden. In diesem Zusammenhang ist die treibende Kraft das Eutektikum Zink/Aluminium, wobei in der Lötmittelschicht Aluminium legiert ist, damit das flüssige Zink nicht die Aluminiumrippen auflöst.

Das besondere Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid kann auf basischer, saurer oder neutraler Basis bereitgestellt werden.

Die jeweilige Löttemperatur ist von dem Anteil des Aluminiums in dem Lötmedium abhängig. Je höher der Aluminiumanteil ist, desto höher ist auch die Löttemperatur. Eine vorteilhafte Ausführungsform ist dann gegeben, wenn das Lötmedium einen Anteil von 15% Aluminium hat, wobei dann die Löttemperatur bei ca. 430°C liegt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbindung von Stahlrohren mit Aluminiumrippen, bei welchem zunächst auf die Oberflächen der Stahlrohre oder der Aluminiumrippen eine Schicht aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit ei-

nem Aluminiumbestandteil von 0,5% bis 20% aufgebracht und dann vor dem oder beim mechanischen Kontakt der Aluminiumrippen mit den Stahlrohren zwischen die Stahlrohre und die Aluminiumrippen bei Raumtemperatur ein Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid eingebracht wird, worauf die mit den Aluminiumrippen versehenen Stahlrohre in einem Ofen auf eine Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C erwärmt und letztlich zur Abkühlung der Raumtemperatur ausgesetzt werden.

2. Verfahren zur Verbindung von Stahlrohren mit Aluminiumrippen, bei welchem zunächst auf die Oberflächen der Stahlrohre oder der Aluminiumrippen eine Schicht aus einer Zink-Aluminium-Legierung mit einem Aluminiumbestandteil von 0,5% bis 20% aufgebracht und dann bei Raumtemperatur ein Flussmittel in Form von Cäsium-Aluminium-Tetrafluorid mindestens in den Berührungszonen auf die Aluminiumrippen gebracht wird, worauf die Aluminiumrippen mit den auf eine Löttemperatur zwischen 370°C und 470°C erwärmten Stahlrohren in mechanischen Kontakt gebracht und letztlich zur Abkühlung der Raumtemperatur ausgesetzt werden.

- Leerseite -